

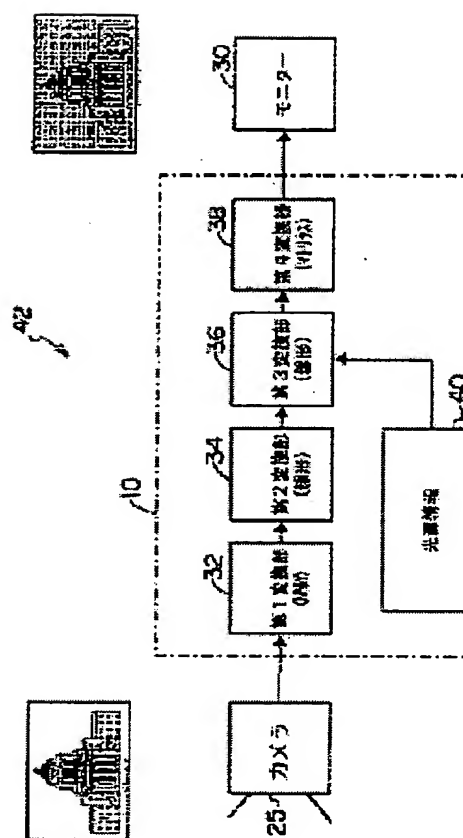
## COLOR SIMULATOR

**Patent number:** JP9233490  
**Publication date:** 1997-09-05  
**Inventor:** NAKANO KIMITAKA  
**Applicant:** TOYO INK MFG CO LTD  
**Classification:**  
 - International: H04N9/64; G06T1/00  
 - european:  
**Application number:** JP19960032480 19960220  
**Priority number(s):**

### Abstract of JP9233490

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To simulate the colors of a source image with fidelity corresponding to an environment in observing the source image having known color separation values.

**SOLUTION:** The color separation values of the source image photographed by a camera 25 are inputted to a 1st conversion part 32 where learning is finished, the inputted color separation values are converted to three main component vector coefficients at least, and the converted main component vector coefficients are inputted to a 2nd conversion part 34. At the 2nd conversion part 34, beam split distribution is found by multiplying stored main component vector and the main component vector coefficients and at a 3rd conversion part 36, the beam split distribution is converted to saturation values under a desired light source while using the light source information of the instructed light source and the beam split distribution of the source image. Next, at a 4th conversion part 38, the saturation values are converted to signals in R, G and B while using the display characteristic values of a monitor and displayed on the monitor 30. Therefore, an object photographed under the desired light source is displayed in the colors in the case of observation on the monitor 30.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-233490

(43) 公開日 平成9年(1997)9月5日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 N	9/64		H 0 4 N	9/64 R
G 0 6 T	1/00		G 0 6 F	15/62 3 1 0 K
			15/66	3 1 0

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平8-32480

(22) 出願日 平成8年(1996)2月20日

(71) 出願人 000222118

東洋インキ製造株式会社

東京都中央区京橋2丁目3番13号

(72) 発明者 中野 仁貴

東京都中央区京橋2丁目3番13号 東洋インキ製造株式会社内

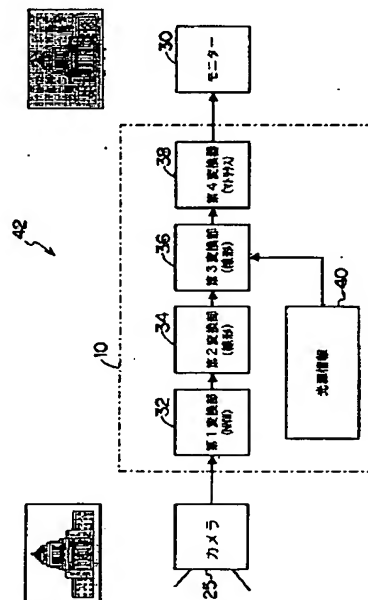
(74) 代理人 弁理士 中島 淳 (外2名)

(54) 【発明の名称】 色シミュレーション装置

(57) 【要約】

【課題】 色分解値が既知の原画像を観察するときの環境に応じた、原画像の色を忠実にシミュレートできるようにする。

【構成】 学習が終了した第1変換部32に、カメラ25で撮影された原画像の色分解値が入力され、入力された色分解値が少なくとも3つの主成分ベクトル係数に変換され、変換された主成分ベクトル係数が第2変換部34へ入力される。第2変換部34では、記憶された主成分ベクトルと、主成分ベクトル係数を乗じて、分光分布を求め、第3変換部36では指示された光源の光源情報及び原画像の分光分布とを用いて、所望の光源下での色彩値に変換する。次に、第4変換部38では、モニターのディスプレイ特性値を用いてRGB色の信号に変換し、モニター30に表示する。従って、モニター30には所望する光源下で撮影された被写体を観察する際の色で表示できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被写体を撮影すると共に、該被写体を撮影することによって得た原画像の色情報値を出力するための撮影手段と、

複数の光源の各分光情報を記憶する記憶手段と、  
前記原画像の各色を光源に依存しない分光反射率分布または分光透過率分布を多変量解析することによって得られる少なくとも3つの特徴パラメータ及び特徴パラメータ係数で表現し、前記色情報値で定まる多数色の各々について少なくとも3つの特徴パラメータ及び特徴パラメータ係数を記憶すると共に、前記撮影手段から出力された色情報値を、該色情報値に対応する少なくとも3つの特徴パラメータ係数に変換する第1の変換手段と、  
前記第1の変換部で変換された少なくとも3つの特徴パラメータ係数を、前記多変量解析により得られる少なくとも3つの特徴パラメータに基づいて分光反射率分布又は分光透過率分布に変換する第2の変換手段と、  
前記第2の変換手段で変換された分光反射率分布又は分光透過率分布を、指定された前記光源の分光情報に基づいて、色彩値に変換する第3の変換手段と、  
前記第3の変換手段で変換された色彩値を、表示信号に変換する第4の変換手段と、  
前記第4の変換手段で変換された表示信号により、原画像を表示する表示手段と、  
を備えた色シミュレーション装置。

【請求項2】 前記多変量解析として主成分分析を用い、該主成分分析することによって得られる分光反射率分布又は分光透過率分布の主成分ベクトルを特徴パラメータとし、該主成分ベクトルによる該分光反射率又は分光透過率の展開係数を前記特徴パラメータ係数とすることを特徴とする請求項1に記載の色シミュレーション装置。

【請求項3】 前記第1の変換手段は、前記撮影手段から出力された色情報値に対応する少なくとも3つの特徴パラメータ係数に変換するように学習された多層フィードフォワード型ニューラルネットワークであることを特徴とする請求項1に記載の色シミュレーション装置。

【請求項4】 前記第1の変換手段は、前記色情報値と該色情報値に対応する少なくとも3つの特徴パラメータ係数との対応関係を記憶したルックアップテーブルであることを特徴とする請求項1に記載の色シミュレーション装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、色シミュレーション装置にかかり、被写体を撮影することにより得た原画像の色を忠実に再現して提供できる色シミュレーション装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】多数色の原稿や物体の複写物を作成する

ときや多数色の原稿や物体を忠実に表示させるときのために、色を表現する方法の1つとして色分解値がある。この色分解値は一般的には、印刷では減法混色のYMC K（シアン、マゼンタ、イエロー、ブラック）、表示では加法混色のRGB（レッド、グリーン、ブルー）が用いられる。この色分解値を用いれば、原稿や物体の各色を再現できる。

【0003】近年、実際に多数色の原稿や物体の複写物を作成する以前に、作成されるべき色を検討する所謂カラーデザインが行われている。このような作成されるべき色を検討するために用いられるものとして、原稿や物体の各色を再現して表示装置上に表示する色シミュレーション装置が知られている。この色シミュレーション装置では、多数色の原稿や物体の色分解値を表示装置のデバイス値、例えばTV信号やデジタルRGB出力値に変換して表示する。これによって、多数色の原稿や物体の複写物を再現した色で表示できる。

【0004】ところが、上記の色分解値は、原稿や物体の色を特定するための装置の特性や色分解値をデバイス値に変換する装置の特性に依存する。例えば、色を特定するために原稿や物体を照射するための光源や測色装置が異なれば、原稿や物体の色は異なる色分解値となる。また、デバイス値への変換特性が異なれば、原稿や物体の色は異なる色で再現される。

【0005】そこで、従来より、再現すべき色が色を特定するための装置の特性に依存せず、どのような装置であっても原稿等の色と同一の色を表す値を表現するために、色を装置に依存しない色情報値に一度変換（中間表現法）している。このような、色を装置に依存しない色情報値として、CIE (Commission Internationale de l'Eclairage)が規定したCIE XYZ値、または均等知覚色空間CIE L\* a\* b\* 値等の色彩値がある。

【0006】これら色情報値としてのCIE XYZ値、または、CIE L\* a\* b\* 値等の色彩値を用い、原稿や物体の色を表すCMYK値等の色分解値を色彩値へ変換した後に、色修正を行う、所謂デバイスインディペンデントに色を再現していた。このように、装置に依存しない色彩値の一致によって、多数色の原稿等について異なる色シミュレーション装置であっても安定した精度で色再現することができる（特開平4-261267号公報参照）。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、CIE L\* a\* b\* 値やCIE XYZ値は、光源の分光分布と原稿や物体の対象表面の分光反射率や分光透過率、及び等色関数によって定義されるため、従来の色シミュレーション装置では、原稿等の色を観察するときの照明光がCIE L\* a\* b\* 値を導出しする際に用いた所定照明光と同一の照明光でなければ、再現した色は原稿等の色に一致しないという問題がある。

【0008】このように、従来のデバイスインディペンデントな色シミュレーション装置では、再現した色が原稿や物体の色と同一色に見える光源が、所定照明光の光源のみによって制限されるので、非常に限られた環境下（照明下）でしか、色を再現することができないという問題があった。すなわち、原稿や物体の色を観察する場合の照明は、一般に白熱電球照明下、蛍光灯照明下、太陽光下等のように種々雑多である。従って、従来のデバイスインディペンデントな色シミュレーション装置では、このような種々雑多な光源下で常に再現すべき色を一致させることは困難であった。このため、色シミュレーション装置に、例えば印刷するためのYMCCKによる色分解値が与えられた原稿を表示装置に表示させても、光源が固定された色画像しか観察できず、異なる光源下での色画像について各色をシミュレートすることはできなかった。

【0009】また、ビデオカメラやデジタルカメラ等の撮影装置を用いて被写体を撮影する場合には、この撮影装置から出力される原画像に対応する信号は、被写体を撮影したときの照明光源の色特性に依存した色を帯びた信号となる。従って、撮影装置からの信号を用いてテレビ等のモニター上へ原画像を表示させることにより被写体を目視すると、表示された原画像は、被写体の色と異なる色で表示されることになる。例えば、蛍光灯等の室内の標準光で撮影した被写体と、太陽光のもとで撮影した被写体とは同一の被写体であっても、異なる色で再現される。

【0010】本発明は、上記事実を考慮して、撮影された被写体の原画像をモニター上で観察するときに、被写体の色を忠実にシミュレートできる色シミュレーション装置を得ることが目的である。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明の色シミュレーション装置は、被写体を撮影すると共に、該被写体を撮影することによって得た原画像の色情報値を出力するための撮影手段と、複数の光源の各分光情報を記憶する記憶手段と、前記原画像の各色を光源に依存しない分光反射率分布または分光透過率分布を多変量解析することによって得られる少なくとも3つの特徴パラメータ及び特徴パラメータ係数で表現し、前記色情報値で定まる多数色の各々について少なくとも3つの特徴パラメータ及び特徴パラメータ係数を記憶すると共に、前記撮影手段から出力された色情報値を、該色情報値に対応する少なくとも3つの特徴パラメータ係数に変換する第1の変換手段と、前記第1の変換部で変換された少なくとも3つの特徴パラメータ係数を、前記多変量解析により得られる少なくとも3つの特徴パラメータに基づいて分光反射率分布又は分光透過率分布に変換する第2の変換手段と、前記第2の変換手段で変換された分光反射率分布又は分光透過率分布を、指定された前

記光源の分光情報に基づいて、色彩値に変換する第3の変換手段と、前記第3の変換手段で変換された色彩値を、表示信号に変換する第4の変換手段と、前記第4の変換手段で変換された表示信号により、原画像を表示する表示手段と、を備えている。

【0012】請求項2に記載した発明は、請求項1に記載の色シミュレーション装置において、前記多変量解析として主成分分析を用い、該主成分分析することによって得られる分光反射率分布又は分光透過率分布の主成分ベクトルを特徴パラメータとし、該主成分ベクトルによる該分光反射率又は分光透過率の展開係数を前記特徴パラメータ係数とすることを特徴としている。

【0013】請求項3に記載した発明は、請求項1に記載の色シミュレーション装置において、前記第1の変換手段は、前記撮影手段から出力された色情報値に対応する少なくとも3つの特徴パラメータ係数に変換するように学習された多層フィードフォワード型ニューラルネットワークであることを特徴としている。

【0014】請求項4に記載した発明は、請求項1に記載の色シミュレーション装置において、前記第1の変換手段は、前記色情報値と該色情報値に対応する少なくとも3つの特徴パラメータ係数との対応関係を記憶したルックアップテーブルであることを特徴としている。

【0015】本発明の色シミュレーション装置によれば、撮影手段によって被写体を撮影する。この撮影手段は、被写体を撮影することによって得た原画像の色情報値を出力する。第1の変換手段では、入力された色情報値を、該色情報値に対応する少なくとも3つの特徴パラメータ係数に変換する。すなわち、原画像の各色は、光源に依存しない分光反射率分布または分光透過率分布を多変量解析することによって得られる少なくとも3つの特徴パラメータ及び特徴パラメータ係数により近似表現できる。このように、特徴パラメータで表現することによって、撮影手段によって固有の色特性に依存せずに色表現できる。この多変量解析としては請求項2にも記載したように、主成分分析を用いることができ、主成分分析することによって得られる分光反射率分布又は分光透過率分布の主成分ベクトルを特徴パラメータとし、該主成分ベクトルによる該分光反射率又は分光透過率の展開係数を特徴パラメータ係数とすることができる。

【0016】第1の変換手段には、色情報値で定まる多数色の各々について少なくとも3つの特徴パラメータ係数が記憶されている。従って、撮影手段から出力された色情報値は、この色情報値に対応する少なくとも3つの特徴パラメータ係数に変換される。この第1の変換手段は、請求項3にも記載したように、入力された色情報値に対応する少なくとも3つの特徴パラメータ係数に変換するように学習された多層フィードフォワード型ニューラルネットワークを用いることができる。周知のように、ニューラルネットワークは、多数の入出力関係の学

習からどのような入力があっても学習が反映された出力がなされるので、第1の変換手段に色情報値が入力されれば、入力された色情報値に対応する少なくとも3つの特徴パラメータ係数を出力する。また、第1の変換手段は、請求項4にも記載したように、色情報値と該色情報値に対応する少なくとも3つの特徴パラメータ係数との対応関係を記憶したルックアップテーブルを用いることができる。このように、ルックアップテーブルを用いれば、参照するのみの単純な処理で迅速に少なくとも3つの特徴パラメータ係数を出力することができる。

【0017】この少なくとも3つの特徴パラメータ係数を、多変量解析により得られる少なくとも3つの特徴パラメータに基づいて第2の変換手段で分光反射率分布又は分光透過率分布に変換する。すなわち、少なくとも3つの特徴パラメータの各々に特徴パラメータ係数を乗じることによって分光反射率分布または分光透過率分布となる。この第2の変換手段で変換された分光反射率分布又は分光透過率分布は光源に依存していないので、原画像の各色は、特定できる。この変換された分光反射率分布又は分光透過率分布を、指定された光源の分光情報に基づいて、第3の変換手段で色彩値に変換する。これにより、変換された色彩値は、指定された光源の色が反映されたものとなる。第4の変換手段は変換された色彩値をマトリクス演算等によりTV信号やデジタルRGB信号等の表示信号に変換し、表示手段で原画像を表示する。これによって、表示された原画像は、撮影された被写体の色情報値による原画像に指定した光源の色が反映されて表示される。

【0018】

【発明の実施の形態】まず、本発明の考え方について説明する。

【0019】人が物体の色を認識する過程は、所定色の光源からの光を反射した物体からの反射光を眼球で採取し、各種視覚フィルタ及び眼球の視細胞を介して脳へ伝えられることである。ここで、物体の分光反射率分布または分光透過率分布（以下、総称して、分光分布という）、光源の分光分布及び人の視覚特性が、色を認識する際に重要なポイントとなる。例えば、同じ物体を異なる光源下で観察した場合、人間は違う色と判断する。

【0020】一方、従来の技術の欄でも説明したように、色の分光分布を主成分分析（KL展開）を用いて近似する方法に関する研究が行われており、少ない主成分ベクトルで分光分布が精度良く近似できることが知られている。この主成分分析を用いた色を再現する方法を用いて、物体の分光分布を近似再現することにより、光源の分光分布及び人間の視覚特性を考慮した所望する光源下での色の見えをシミュレートすることができる。

【0021】以下、図面を参照して本発明の実施の形態の一例を詳細に説明する。本実施の形態は、デジタルカメラやビデオ等で被写体を撮影することにより得られる

RGB等の色分解値により表現される被写体の原画像を、種々の光源下で観察する場合を想定し、光源情報とモニターの特性を考慮して、撮影した被写体についてのRGBの色分解値を種々の光源下で観察する場合の色に変換してモニター上でシミュレートし表示させる色シミュレータ装置に本発明を適用したものである。

【0022】図2に示すように、本実施の形態の色シミュレーション装置は、マイクロコンピュータを含んで構成されたシミュレーション本体10、原稿や物体等の被写体を撮影するためのカメラ25、画像データ入出力装置26、データやコマンドを入力するためのキーボード28、及びモニター30から構成されている。このカメラ25は、被写体を撮影し、その撮影した被写体を原画像としてデータ化し、そのデータを出力するものであり、デジタルカメラやビデオカメラ、及びスチルカメラがある。カメラ25が出力するデータには、コンピュータ用の表示装置に用いられる同期信号が独立または含まれるRGB各色のデジタルデータまたはアナログデータ、同期信号が分離され同期信号と映像信号とからなるTV信号、映像信号内に同期信号が含まれているTV信号（例えば、信号規格としてNTSC、PAL等）、がある。

【0023】また、シミュレーション本体10は、CPU12、ROM14、RAM16、光源の色情報等（詳細は後述）を記憶するためのメモリ18、シミュレーション本体と他の装置との間でデータ等をやりとりするための入出力装置（以下、I/Oという）20及びこれらをデータやコマンドが入出力可能なように接続されたバス22から構成されている。なお、ROM14には、後述する処理プログラムが記憶されている。なお、以下に説明するシミュレーション10の学習が終了した後のものでは、カメラ25のみを備えればよい。すなわち、画像データ入出力装置26は、本シミュレーション装置をカメラの色特性に拘わらず再現表示するための変換学習時に用いるため、色を数値で表現したデータとして直接入力するための装置であり、数値表現された原画像の色分解値が例えば外部記憶手段に記憶されこの外部記憶手段から読み込むための装置である。

【0024】図1は本実施の形態の色シミュレーション装置42の機能別概略構成を示すブロック図である。本実施の形態の色シミュレーション装置42では、カメラ25から入力されたRGB等の色分解値による原画像を、オペレータが指定した所望する光源下で観察する場合の画像にシミュレートしてモニター30上で再現する。

【0025】この色シミュレーション装置42における色分解値からモニター用のデバイス値までの変換は、機能別に、第1変換部32、第2変換部34、第3変換部36、及び第4変換部38に分類される。第1変換部32はカメラ25が出力した色分解値を主成分ベクトル係

10

20

30

40

50

数に変換するためのものであり、第2変換部34は変換された主成分ベクトル係数を用いて入力された色分解値の分光分布を求めるものであり、第3変換部36は求めた分光分布及び予め記憶された光源情報40を用いて指定された光源下の色彩値を求めるためのものであり、第4変換部38は求めた色彩値をモニター30のデバイス値に変換するためのものである。

【0026】なお、第1変換部32は、後述するニューラルネットワークで構成された変換機能を有すると共に、それを学習する学習機能を有している。

【0027】次に、各変換部の詳細を説明する。第1変換部32は、色情報値である色分解値の変換のために予め構築された変換系で、カメラ25からの被写体を撮影して得た原画像のRGB等の色分解値を少なくとも3つの主成分ベクトルの展開係数に変換する。この変換には、ルックアップテーブルまたはニューラルネットワーク等を用いることができる。

【0028】本実施の形態では、第1変換部32にニューラルネットワークを採用した場合を説明する。第1変換部32は、RGBの各色毎に色分解値を入力するための入力層として色分解値の数に応じたニューロンを有し、中間層を介して特性値ベクトル係数値（主成分ベクトル係数）を出力するための出力層として特性値ベクトル係数の数に応じたニューロンを有して各々のニューロンがシナプスによって結合されたニューラルネットワークを以下に説明する学習処理により学習して、所望の色分解値から未知の主成分ベクトル係数を求める系を得るものである。

【0029】図3に示すように、第1変換部32は、ネットワーク74及び教師部76から構成されている。ネットワーク74には、RGBの各色毎に色分解値が入力されると共に、推定演算された主成分ベクトル係数を出力するようになっている。入力の色分解値に対応する教師信号TC及び出力の主成分ベクトル係数に対応する出力信号OCは教師部76に入力され、教師部76はこれらの差分等から得られた修正信号SCをネットワーク74に出力するようになっている。すなわち、ネットワーク74に、YMCCKの各色毎に色分解値が入力されると共に、推定演算された主成分ベクトル係数を出力する。この入力の色情報値に対応する既知の主成分ベクトル係数は教師信号TCとして教師部76に入力され、出力の主成分ベクトル係数に相当する出力信号OCも教師部76に入力される。教師部76はこれら入力された信号の差分等から得た修正信号SCをネットワーク74に出力する。

【0030】この第1変換部32に用いられているニューラルネットワークの一例としては、図4に示すように、色分解値としてのR、G、B（またはY、M、C、Kやビデオ信号の各成分の個数）の3つのユニット、或いはY、M、C、Kの4つのユニットI1、I2、I

3、(I4)から成る入力層、多数のユニットMq (q ≥ 1) から成る中間層、及び3から6個の出力ユニットU1、U2、・・・Unから成る出力層から構成されている。中間層の各ユニットはバイアスユニットに接続されている。

【0031】中間層のユニットは入出力関係がシグモイド関数によって表される神経回路素子により構成され、入力層のユニット及び出力層のユニットは入出力関係が線形の神経回路素子で構成されている。出力層のユニットは中間層のユニットと同様に入力関係がシグモイド特性を持つ神経回路素子で構成されてもよい。出力層の出力ユニットの数は、分光反射率分布に対する多変量解析によって得られる特徴パラメータのうち実際に分光反射率を表現するために用いる特徴パラメータの数、すなわち、後述するように主成分ベクトル係数に対応している。

【0032】第1変換部32では、CMYK値、RGB値等のデバイス値がその入力として与えられると、ネットワークの中間層のユニットからは次の(1)式に従った出力Hjが出力される。

【0033】

【数1】

$$H_j = f(\text{net}_j) \\ \text{net} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m W^{(h)}_{ij} I_i + b_j \quad \cdots (1)$$

【0034】但し、 $W^{(h)}_{ij}$ は入力層のi番目のユニットと中間層のj番目のユニットの結合係数（すなわち重み）を表し、 $I_i$ は入力層のi番目のユニットの出力（すなわち色情報値）、 $b_j$ はバイアスユニットから供給されるバイアス値を表す。また、出力層のユニットの出力 $O_k$ も同様に次の(2)式のように表される。

【0035】

【数2】

$$O_k = f(\text{net}_k) \\ \text{net} = \sum_{j=1}^m u_j \sum_{i=1}^n W^{(o)}_{jk} H_j + b_k \quad \cdots (2)$$

【0036】但し、 $W^{(o)}_{jk}$ はj番目の中間ユニットとi番目の出力ユニットの結合係数を表し、また $H_j$ は(1)式で定義される中間層のj番目のユニットの出力値である。また、n、m、uはそれぞれ入力層、中間層、出力層の各々のユニット数である。

【0037】従って、入力層のユニットへ色分解値を入力することによって、出力層のユニットから出力 $O_k$ として少なくとも3つの主成分ベクトル係数の値が出力される。

【0038】なお、上記の入力層の各ユニットの特性は入力をそのまま出力するような特性であり、また、中間層のユニットの結合係数は次の(3)式で定義される

【0039】の間で単調増加するシグモイド関数で表され

る特性である。

$$f(x) = 1 / (1 + e^{-x}) \quad \dots (3)$$

【0039】また、出力層のユニットはシグモイド関数あるいは線形関数で表される特性である。ただし、出力層はバイアスユニットからの入力があってもよい。

【0040】このニューラルネットワークの結合係数は、出力層の各ユニットの出力と分光反射率分布の主成分分析によって得られた特徴パラメータ係数である教師信号との誤差を最小にするように予め学習・修正される。すなわち、CMYK値、RGB値等から分光反射率の主成分分析によって得られる特徴パラメータ係数である主成分ベクトル係数への変換を学習する。本実施の形態では、ニューラルネットワークとして、フィードフォワード結合型ニューラルネットワークを用いており、該\*

$$\begin{aligned} \Phi \mu_i &= \lambda_i \mu_i \\ \mu_i^T \mu_j &= 1 \quad (i=j) \\ &= 0 \quad (i \neq j) \end{aligned} \quad \dots (4)$$

但し、 $i=1, 2, \dots, r$ であり、 $\Phi$ は次の(5)式

で定義される共分散行列、 $\lambda_i$ は固有値、 $\mu_i$ は固有ベクトル(主成分ベクトル)、及び $t$ は転置を表してい ※20

$$\Phi = E[\hat{R} \hat{R}^T] \quad \dots (5)$$

但し、行列 $\hat{R}$ は各色の分光反射率を成分とする行列 $R$ から

分光反射率分布の平均値ベクトル $ER$ を引いたものである。

$E[\cdot]$ は $[\cdot]$ 内の平均を表す。

【0043】主成分分析から得られる第 $K$ 番目までの主成分ベクトル $\mu_i$ を用いたときの分光反射率 $R$ は、次の(6)式で近似できる。

【0044】

【数4】

$$R \approx ER + \sum_{i=1}^K \Psi_i \lambda_i \quad \dots (6)$$

但し、 $\Psi_i = \lambda_i^{-1} \hat{R}_i$ で定義される係数

【0045】次に、第1変換部42におけるニューラルネットワークの学習の処理の詳細を図6を参照してさらに説明する。まず、ニューラルネットワークを学習させる前の処理S1として、YMCCKやRGB等の色分解値が既知の色票の分光反射率分布を測定する。次の処理S2では、測定した複数の色票の分光反射率を主成分分析する。次に、処理S3では主成分分析することによって得られる少なくとも3つの主成分ベクトル、及び主成分ベクトル係数を導出する。この主成分ベクトルは、上記説明したように、上記の(4)式で定義される固有方程式の解として定義される。また、主成分ベクトル係数は、上記(6)式で算出される主成分ベクトル係数 $\Psi$ である。次の処理S4では、上記の処理で求めた色票の少なくとも3つの主成分ベクトル係数を教師信号とし、カメラ25で撮影したRGB等の色分解値を入力信号として各々ニューラルネットワークに入力し、次の処理S5

\* ネットワークの学習方法は各種の方法があるが、例えば、バックプロパゲーションアルゴリズム(ラメルハート[Runmelhert, D.E and McClelland, J.L.(Eds), "Parallel Distributed Processing", Exploration in the Microstructure of Cognition, Vol.1, 2, MIT Press, Cambridge(1989)参照])の最急降下法等を用いることができる。

【0041】この色票の色の分光反射率を主成分分析することにより得られる低次の主成分ベクトルを用い、該色票の色の分光反射率を次の(4)式で近似復元できる。主成分分析は、次元削減の統計的手法として一般的に用いられており、数値計算法としては、ハウスホルダー法、バイセクション法、及び原点移動べき乗法等がある。以下に主成分分析の一例を示す。

※9。

【0042】

【数3】

で学習させる。すなわち、ネットワークの出力と主成分分析によって得られた主成分ベクトル係数(特徴パラメータである)教師信号との2乗誤差を最小にするように学習される。以上の処理が終了し(処理S6)、ニューラルネットワークの学習が十分に行われた後に、処理S7でネットワークの構造、ウェイトをメモリ18に記憶し、変換系の構築を終了する。このように、学習することによって第1変換部42では、カメラ25の撮影により出力されたRGB等の色分解値が入力されると、カメラ25が出力した色分解値に対応する少なくとも3つの主成分ベクトル係数を、カメラ25の色特性に依存しない値として出力する。

【0046】次に、第2変換部34は、第1変換部32から出力された少なくとも3つの主成分ベクトル係数を用いて、上記の学習のときに導出した少なくとも3つの主成分ベクトルを用いて分光分布を導出するための機能を有しており、次の(7)式に従って変換した分光分布を出力する。

【0047】

【数5】

$$R = ER + \sum_{i=1}^K \Psi_i \lambda_i \quad \dots (7)$$

【0048】但し、 $\Psi_i$ ：第1変換部42から出力された主成分ベクトル係数



11

$\lambda_i$  : 主成分ベクトル

【0049】次に、第3変換部36は、変換部3からの原画像の分光反射率を、予めメモリ18に記憶されたと所望する光源の分光情報あるいは測定により得られた光源の分光情報を用いて、光源下での色彩値に変換する機能を有しており、次の(8)式に従って変換された色彩\*

$$\begin{aligned} X &= \sum_{\lambda=380}^{780} S(\lambda) R(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \\ Y &= \sum_{\lambda=380}^{780} S(\lambda) R(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \\ Z &= \sum_{\lambda=380}^{780} S(\lambda) R(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad \dots (8)$$

但し、 $S(\lambda)$  : 光源情報(光源の分光分布)

$R(\lambda)$  : 第2変換部から出力される分光分布(Gf)

$\bar{x}$ 、 $\bar{y}$ 、 $\bar{z}$  : 標準視関数

【0051】次に、第4変換部38は、変換部4からの色彩値信号を、画像を表示するディスプレイの特性値を用いてマトリクス演算によりディスプレイで表示するために適したRGB色分解値に変換するためのものである。このマトリクス演算による色彩値信号からRGB信号への変換は、モニター上ではRGBの各色は略加法混色が成立すると共に、モニターの色度仕様値およびVDT特性( $\gamma$ 値)は既知であるため、次の(9)式を用いて加法混色系における表色系変換をすることができる。

【0052】

【数7】

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_R & X_G & X_B \\ Y_R & Y_G & Y_B \\ Z_R & Z_G & Z_B \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R^{1/\gamma_R} \\ G^{1/\gamma_G} \\ B^{1/\gamma_B} \end{pmatrix} \quad \dots (9)$$

【0053】次に、本実施の形態の色シミュレーション装置42の作動を図7のフローチャートを参照してさらに説明する。上述のようにして第1変換部の学習が終了した後に、色シミュレーション装置42の電源が投入またはシミュレート実行開始の指示がキーボードよりなされると、図7のステップ100へ進み、カメラ25によってシミュレートすべき原稿や物体を撮影した原画像の色分解値が読み取られる。次のステップ102では、上記説明したように学習されたニューラルネットワークの第1変換部32において、入力された色分解値が少なくとも3つの主成分ベクトル係数に変換され、変換した主成分ベクトル係数を第2変換部34へ出力する。次に、ステップ104において、上述のように、予め導出された主成分ベクトル(メモリ18に記憶されている)を読み取ると共に、第1変換部32から出力された少なくとも3つの主成分ベクトル係数に、読み取った少なくとも3つの主成分ベクトルを乗じることによって、分光分布を求める(変換される)。次のステップ106では、オペレータのキーボードによる指示を読み取ることによ

12

\* 値を出力する。なお、色彩値はCIE XYZ、CIE  $L^* a^* b^*$ 、CIE  $L^* u^* v^*$ 等が利用可能であり、本実施の形態では、CIE XYZの三刺激値を用いる。

【0050】

【数6】

て、カメラ25により撮影した原稿や物体の原画像を何れの光源下でシミュレートし表示するかの指示を読み取り、指示された光源の光源情報をメモリ18から読み取る。次のステップ108では、第3変換部36において第2変換部34から出力された原画像の分光分布と、読み取った光源の分光情報または測定により得られた光源の分光情報とを用いて、所望の光源下での色彩値に変換する。次のステップ110では、第4変換部38において所望の光源下での色彩値をモニター30に画像を表示するため、モニター30のディスプレイ特性値を用いてマトリクス演算によりRGB色の色分解値信号に変換する。次のステップ112では、第4変換部38からの出力信号(RGB色の色分解値信号)に応じて、所望する光源下で原画像を観察する際の色で表示する。

【0054】このように、本実施の形態の色シミュレーション装置では、第1変換部で原画像の色分解値から定まる分光分布の主成分ベクトル係数を求め、この主成分ベクトル係数を用いて第2変換部で分光分布を求め、第3変換部で照射させる光源の光源情報により色彩値を求め、第4変換部において観察するモニターの特性で修正した後に、原画像をモニターに表示させているので、照射させる光源の光源情報と観察するモニターの特性を考慮して、原稿や物体を被写体として撮影しRGB等の色分解値が出力された原画像を、種々の光源下で観察する場合と等価な原画像としてモニター上に表示できる。従って、本色シミュレーション装置を用いれば、カメラで撮影した原画像を観察する光源がどのようなものであっても、忠実にモニター上に再現することができる。

【0055】また、本実施の形態の色シミュレーション装置では、カメラで撮影した被写体を、そのカメラの特性に拘わらず被写体を照明すべき光源の色を反映させて忠実にモニター上に再現することができる。このため、原画像をシミュレートするため特別な入力装置を用いて



処理する必要がなく、単純なカメラ撮影で被写体である原稿や物体をシミュレート表示することができる。

【0056】本実施の形態の色シミュレーション装置は、緊急時の案内板等や暗室等の照明光源の色が特殊な環境下において行き先案内板等の原画像を観察する場合を想定した原画像のシミュレート表示に好適である。

【0057】なお、上記実施の形態では、シミュレーション本体内にニューラルネットワークを含んだ構成としたが、ニューラルネットワークを別個の独立した構成として用いてもよい。

【0058】また、上記実施の形態では、カメラをシミュレーション本体に直接接続した場合を説明したが、ビデオカメラ等で被写体を撮影してビデオ信号（TV信号）やデジタル信号で磁気記録や光学記録し、その記録媒体である磁気媒体や光学記録媒体を再生する装置を接続し、再生信号をシミュレーション本体に入力するようにしてもよい。

【0059】なお、カメラで読み取った原画像を色シミュレーション装置を使用して再現するとき、カメラの色分解値を機差等のバラツキを解消する必要がある場合、すなわち、原画像として入力された色分解値とカメラで読み取ることにより得た色分解値とを一致させる必要がある場合には、次のように調整すればよい。

【0060】図5に示すように、CMYKやRGB等の色分解値が既知の色票44の各色分解値を画像データAとしてプリンタ46に入力し、プリンタ46において画像データAによる印刷物48を作成する。この印刷物48を上記構成による色シミュレーション装置42のカメラ25で撮影する。カメラ25は、印刷物48を撮影した色票の各色の色分解値（RGB等）を出力する。このカメラ25が出力した色分解値と既知の色票の色分解値とは概ね異なる。このため、色シミュレーション装置42では、カメラ25で色票を撮影したとき出力される色分解値を、その色票について既知の色分解値に変換する必要がある。そこで、第1変換部32を、カメラ25で色票を撮影したとき出力される色分解値がその色票が有する既知の色分解値の相当する色分解値として評価されるように、上記のようにして学習させる。これによって、第1変換部42は、被写体をカメラ25が撮影して出力されたRGB等の色分解値を、カメラ25の色特性に依存しない値として少なくとも3つの主成分ベクトル係数に変換して出力する。なお、上記作成された印刷物48はプリンタ46の特性を含んむことがあるので、プ

リンタの色特性を考慮してシミュレートすることもできる。この場合、プリンタ毎に、得られる色票の印刷物48の色が異なるため、色シミュレーション装置42でシミュレートする原画像や物品を作成するときにはプリンタ毎に上記学習することが好ましい。また、各プリンタ毎に色補正値を記憶し切り換えて使用すれば、複数のプリンタに対応してシミュレートすることができる。

【0061】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、撮影手段で撮影した原画像の色情報値を、光源に依存しない分光反射率分布または分光透過率分布を多変量解析することによって得られる少なくとも3つの特徴パラメータ係数に変換し、さらに該特徴パラメータ及び特徴パラメータ係数を用いて得られる分光反射率分布又は分光透過率分布を、指定された光源の分光情報に基づいた色彩値に変換して表示するので、被写体を撮影したときの原画像を、指定した光源下で観察したときの色で表示できる、という効果がある。

【図面の簡単な説明】

20 【図1】色シミュレーション装置の機能別構成の概略を示すブロック図である。

【図2】本実施の形態にかかる色シミュレーション装置の概略構成を示すブロック図である。

【図3】ニューラルネットワークの動作を説明するための概念イメージ図である。

【図4】ニューラルネットワークの構成を説明するための概念イメージ図である。

【図5】スキャナを校正する過程を説明するための説明図である。

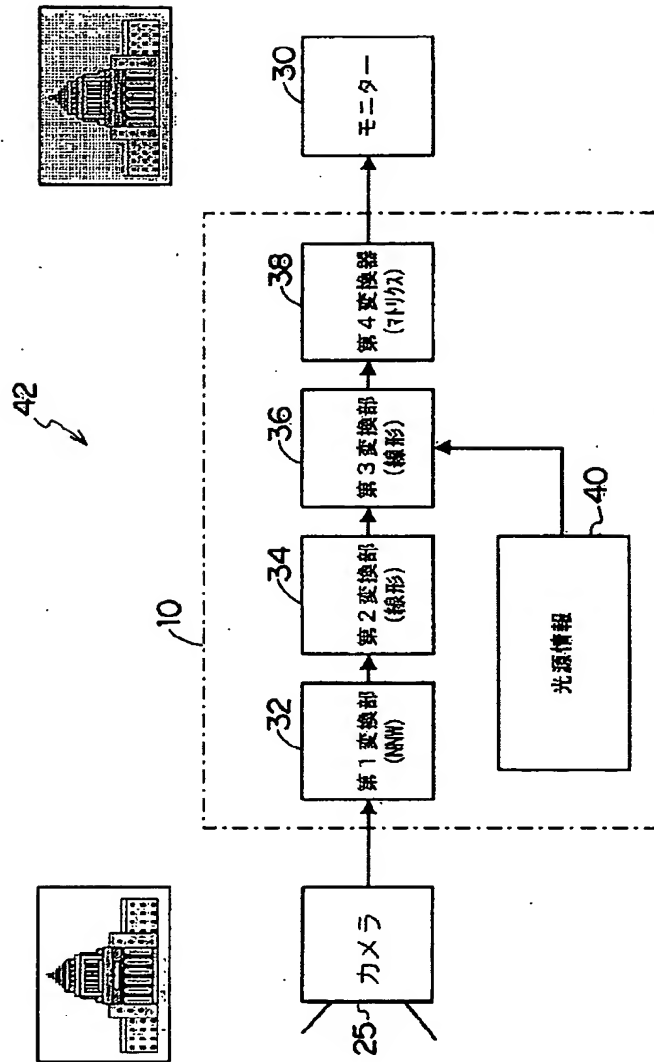
30 【図6】第1変換部であるニューラルネットワークの変換系構築時の処理過程を示すフローチャートである。

【図7】色シミュレーション装置の動作の流れを示すフローチャートである。

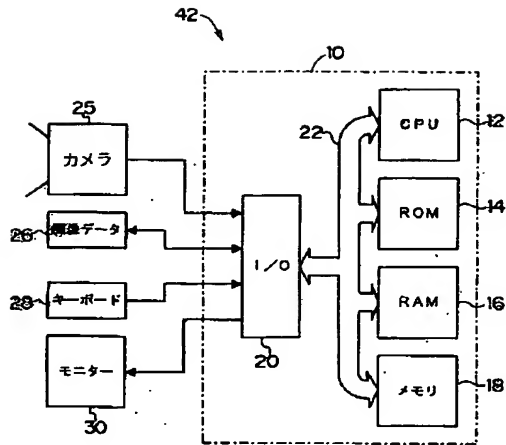
【符号の説明】

10 シミュレーション本体  
25 カメラ  
32 第1変換部  
34 第2変換部  
36 第3変換部  
38 第4変換部  
40 光源情報  
42 色シミュレーション装置

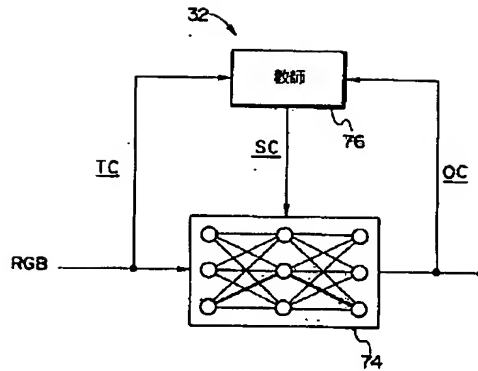
【図1】



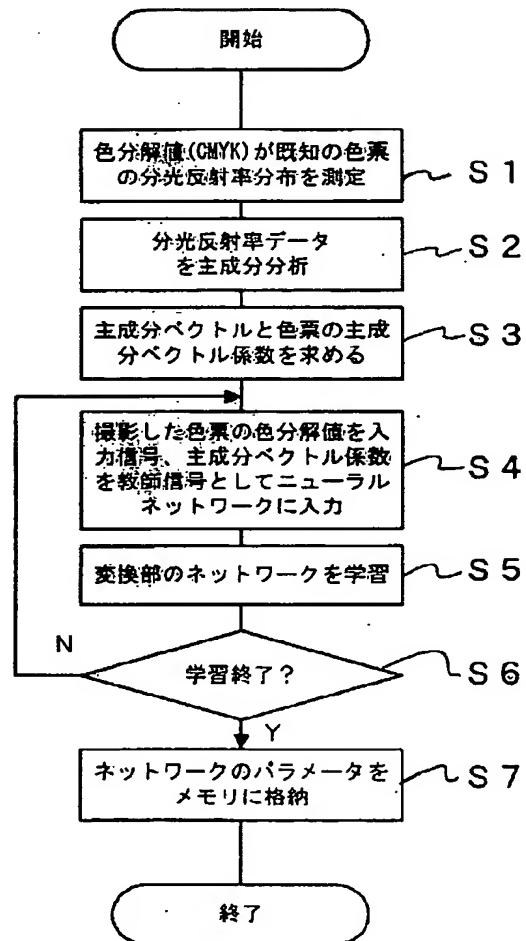
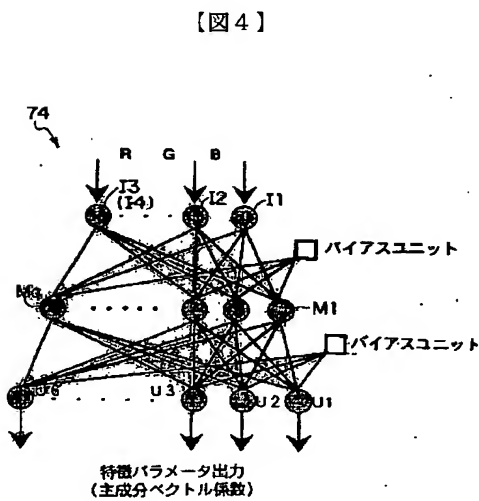
【図2】



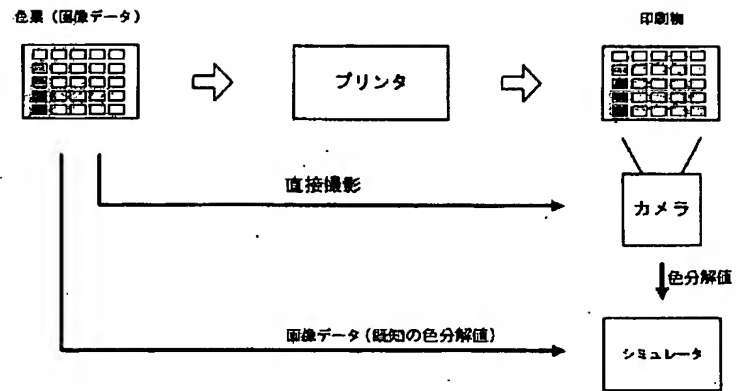
【図3】



【図6】



【図5】



【図7】

